

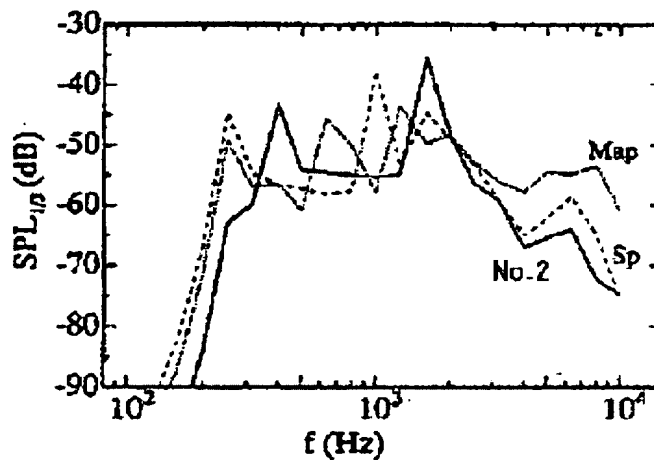
# COMPOSITE MATERIAL FOR SOUNDBOARD, AND THE SOUNDBOARD

**Patent number:** JP2001306062  
**Publication date:** 2001-11-02  
**Inventor:** ONO TERUAKI  
**Applicant:** INOUE MTP KK; BASF INOAC POLYURETHANES LTD; ONO TERUAKI  
**Classification:**  
- **International:** *B29C70/06; C08J5/04; C08K7/06; C08L101/00; G10C3/06; G10D3/02; B29C70/06; C08J5/04; C08K7/00; C08L101/00; G10C3/00; G10D3/00; (IPC1-7): G10C3/06; B29C70/06; C08J5/04; C08K7/06; C08L101/00; G10D3/02*  
- **European:**  
**Application number:** JP20000119903 20000420  
**Priority number(s):** JP20000119903 20000420

Report a data error here

## Abstract of JP2001306062

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a composite material of a novel structure which has a high specific Young's modulus, low attenuation factor and strong anisotropy necessary for the soundboard of a musical instrument, is not affected by humidity and is superior as a replacement material for timber.  
**SOLUTION:** This composite material for the soundboard and this soundboard include a resin matrix (foamed polyurethane, etc.), having gaps and carbon fibers which are disposed in this resin matrix and, are oriented unidirectionally. The density thereof can be made to 0.38 to 0.52 g/cm<sup>3</sup>, the Young's modulus  $Y_L$  in a fiber direction to 9 to 15 GPa and the  $EL/GLR$  ratio to 5.0 to 7.0. The soundboard has respective peaks at least at 200 to 500 Hertz, 1000 to 2000 Hertz and 5,000 to 7,000 Hertz in the frequency response characteristic chart of 1/3 octave by tapping.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-306062  
(P2001-306062A)

(43) 公開日 平成13年11月2日 (2001.11.2)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データ* (参考)
G 1 0 C 3/06		C 1 0 C 3/06	D 4 F 0 7 2
B 2 9 C 7/06		C 0 8 J 5/04	C E R 4 F 2 0 0
C 0 8 J 5/04	C E R		C E Z 4 J 0 0 2
	C E Z	C 0 8 K 7/06	5 D 0 0 2
C 0 8 K 7/06		C 0 8 L 101/00	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-119903(P2000-119903)

(22) 出願日 平成12年4月20日 (2000.4.20)

(71) 出願人 000119232

株式会社イノアックコーポレーション  
愛知県名古屋市市中村区名駅南2丁目13番4号

(71) 出願人 000113517

ピーエーエスエフ イノアック ポリウレタン株式会社  
愛知県新城市川田字本宮道1番地の196

(71) 出願人 500184051

小野 晃明  
岐阜県各務原市那加琴が丘町1-143

(74) 代理人 100094190

弁理士 小島 清路

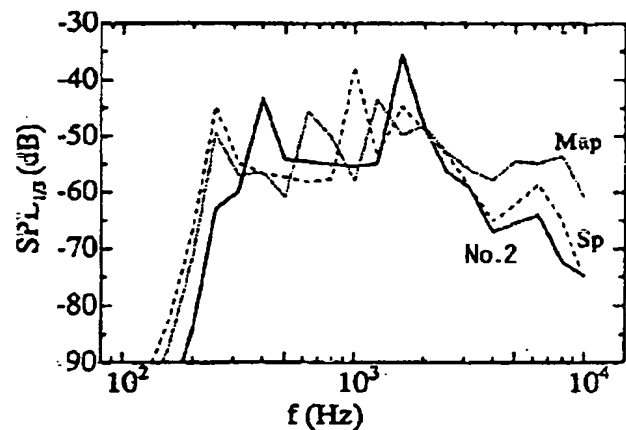
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 音響板用複合材及び音響板

## (57) 【要約】

【課題】 楽器響板材に必要な高い比ヤング率、低い減衰率、及び強い異方性を備え、湿度の影響を受けることなく、且つ木材代替材として優れた新規構造の複合材、並びにこれからなる音響板を提供する。

【解決手段】 本音響板用複合材及び本音響板は、空隙を有する樹脂マトリックス（発泡ポリウレタン等）と、該樹脂マトリックス中に配設され且つ一方向に配向された炭素繊維と、を含むことを特徴とする。この密度が  $0.38 \sim 0.52 \text{ g/cm}^3$ 、繊維方向のヤング率  $E_L$  が  $9 \sim 15 \text{ GPa}$ 、 $E_L/G_{LR}$  比が、 $5.0 \sim 7.0$  とすることができる。タッピングによる  $1/3$  オクターブバンドの周波数応答特性図において、少なくとも  $200 \sim 500$  ヘルツ、 $1000 \sim 2000$  ヘルツ及び  $5000 \sim 7000$  ヘルツに各ピークを備えたものとする事ができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 空隙を有する樹脂マトリックスと、該樹脂マトリックス中に配設され且つ一方向に配向された炭素繊維と、を含むことを特徴とする音響板用複合材。

【請求項2】 密度が $0.38 \sim 0.52 \text{ g/cm}^3$ であり、繊維方向のヤング率 $E_L$ が $9 \sim 15 \text{ GPa}$ であり、ヤング率 $E_L$ と剪断弾性率 $G_{LR}$ との比( $E_L/G_{LR}$ )が、 $5.0 \sim 7.0$ である請求項1記載の音響板用複合材。

【請求項3】  $E_L/\rho$ 比が $18 \sim 30$ 、繊維方向の内部摩擦 $Q_L^{-1}$ が $4 \sim 10 \times 10^{-3}$ 、 $E_L/E_R$ （繊維方向と直行する方向のヤング率）が $9 \sim 20$ 請求項2記載の音響板用複合材。

【請求項4】 タッピングによる1/3オクターブバンドの周波数応答特性図において、少なくとも $200 \sim 5000$ ヘルツ、 $1000 \sim 2000$ ヘルツ及び $5000 \sim 7000$ ヘルツに各ピークを備える請求項1乃至3のいずれかに記載の音響板用複合材。

【請求項5】 空隙を有する樹脂マトリックスと、該樹脂マトリックス中に配設され且つ一方向に配向された炭素繊維と、を含むことを特徴とする音響板。

【請求項6】 密度が $0.38 \sim 0.52 \text{ g/cm}^3$ であり、繊維方向のヤング率 $E_L$ が $9 \sim 15 \text{ GPa}$ であり、ヤング率 $E_L$ と剪断弾性率 $G_{LR}$ との比( $E_L/G_{LR}$ )が、 $5.0 \sim 7.0$ である請求項5記載の音響板。

【請求項7】  $E_L/\rho$ 比が $18 \sim 30$ 、繊維方向の内部摩擦 $Q_L^{-1}$ が $4 \sim 10 \times 10^{-3}$ 、 $E_L/E_R$ （繊維方向と直行する方向のヤング率）が $9 \sim 20$ 請求項6記載の音響板。

【請求項8】 タッピングによる1/3オクターブバンドの周波数応答特性図において、少なくとも $200 \sim 5000$ ヘルツ、 $1000 \sim 2000$ ヘルツ及び $5000 \sim 7000$ ヘルツに各ピークを備える請求項5乃至7のいずれかに記載の音響板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響板用複合材及び音響板に関し、更に詳しくは、楽器響板材等の音響板に必要な高い比ヤング率、低い減衰率、及び強い異方性を備え且つ湿度の影響を受けることがなく、木材代替材として優れた新規構造の複合材、並びにこれからなる音響板に関する。本発明は、バイオリン属楽器の表板、ギター表板及びピアノの響板等に広く利用される。

## 【0002】

【従来の技術】バイオリン属やピアノ等の楽器は木製であり、用いられる各部材はそれぞれ樹種が限定されている。特に、響板は音色など楽器の性能を決める最も重要な部材であり、響板材はそれから更に厳しく選別される。響板材には木目が通直の柁目板が用いられ、要求される物性は、一般に、小さい密度( $\rho$ )、繊維方向

( $L$ )の大きい比ヤング率( $E_L/\rho$ )と小さい減衰率( $Q_L^{-1}$ )である。即ち、軽くて腰が強く響く材である。木材は樹幹方向に長い高弾性のセルロースが主成分の細胞壁と空孔が並列に並んだ構造で近似的に表すことができ、多孔質で且つ直交異方性の特徴を持った構造体である。木材の物性と構造との関係は従来から研究されているが、木材の持つ上述の性質はこのような構造に由来する。一方、世界的な環境保護や森林破壊などによる木材資源の枯渇により、次第にその良質材の入手が困難となっており、代替材の開発が急務の事態になっている。しかし、木材は生物材料なので不均質でバラツキが大きく、またその音響的性質に湿度の影響を大きく受ける。また、木材は材質のバラツキ、乾燥割れ及びくびにより楽器製品に重大なトラブルを発生させるため、材料管理や製造行程に多大な労力と費用を要する。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、楽器響板材に必要な高い比ヤング率、低い減衰率及び強い異方性等の優れた音響的性質を備え、湿度の影響も受けることがなく、且つ木材代替材として優れた新規構造の複合材、並びにこれからなる音響板を提供するものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、木製音響板が備える優れた周波数応答特性等の音響的性質と、ヤング率、内部摩擦といった機械的性質とを有する木材の構造に近似した木材代替材について種々検討した結果、本発明を完成するに至った。即ち、本発明は、木材を使用するが故に発生する上記種々の問題を解決することができ、楽器響板材に必要な高い比ヤング率、低い減衰率及び強い異方性等を実現することができる新規な構造の音響板用複合材及びこれを用いた音響板に関するものである。

【0005】本第1発明の音響板用複合材は、空隙を有する樹脂マトリックスと、該樹脂マトリックス中に配設され且つ一方向に配向された炭素繊維と、を含むことを特徴とする。本第5発明の音響板は、空隙を有する樹脂マトリックスと、該樹脂マトリックス中に配設され且つ一方向に配向された炭素繊維と、を含むことを特徴とする。この音響板の形状、大きさ等は、特に限定されず、目的、用途により種々変更されるものである。例えば、その形状としては、平板状、湾曲状、曲げ形状、折り畳み状、その他の形状等を用いることができる。

【0006】上記「空隙を有する樹脂マトリックス」とは、発泡樹脂により構成される母材をいう。この発泡樹脂は、独立気泡発泡体、連続気泡発泡体、又はこの両者の気泡を備える発泡体であってもよいが、通常、主として連続発泡気泡体が加工、成形上好ましい。更に、発泡体そのものの発泡倍率は、音響板としての適度な密度（例えば $0.38 \sim 0.52 \text{ g/cm}^3$ 程度、好ましく

は0.38~0.47 g/cm<sup>3</sup>程度)とするために、通常、発泡倍率を8~50倍、好ましくは10~25倍とする。また、上記樹脂マトリックスの素材は、特に限定されず、例えば、ポリウレタン、ポリフェノール、ポリプロピレン、ポリエチレン、ナイロン、アクリル樹脂等とすることができる。この中で、ポリウレタン、特に硬質ポリウレタンが、0.38~0.50 g/cm<sup>3</sup>程度の適度な密度に調整しやすいので好ましい。

【0007】上記「炭素繊維」(尚、これには黒鉛繊維を含む。)の種類(製造原料、製造方法等の種類)は特に限定されないが、PAN系等が好ましい。通常この炭素繊維としては、モノフィラメントの長尺状繊維、長繊維が用いられるが、短繊維又はその両方を用いることもできる。この炭素繊維の配合量は、特に限定されないが、マトリックス樹脂及び該炭素繊維の全容積に対して、3~20容積%が好ましく、より好ましくは5~10容積%、更に好ましくは6~8容積%である。

【0008】上記炭素繊維は、マトリックス中に一方に配向すれば良い。また、より木材に近い音響特性を示す複合板を得るためには、積層構造として表裏の剛性、強度が高く、中間層の密度が低い積層体が好ましいため、マトリックスの表裏面に炭素繊維を配向させたほうが、より好ましい。更に、炭素繊維の配向を制御するため、あらかじめエマルジョン樹脂等により、適宜所望の疎密分布を設けて配向させた炭素繊維を樹脂で硬化させ、シートを形成し、このシートに発泡樹脂を積層して複合材としても良い。この場合、2枚のシートを表裏層として、中間層に発泡樹脂を挟み込んだサンドイッチ構造とするのが好ましい。

【0009】上記音響板用複合材又は音響板(以下、「音響板用複合材等」ともいう。)において、密度( $\rho$ )を0.38~0.52 g/cm<sup>3</sup>(好ましくは0.38~0.50 g/cm<sup>3</sup>、より好ましくは0.38~0.47 g/cm<sup>3</sup>)とすることができる。この密度が低すぎる場合は、ウレタン樹脂の注入量が少なく、マトリックスの均一な成形が難しくなる。また、密度が高すぎる場合は、複合材として重くなるだけでなく、発泡圧が高くなるため繊維を均一に配向させることが困難となる。特に、0.38 g/cm<sup>3</sup>未満の場合は複合材として強度が不足し好ましくない。また0.52 g/cm<sup>3</sup>を超える場合は、複合材として重く、音色が損なわれる。特に、0.38~0.50 g/cm<sup>3</sup>(特に0.38~0.47 g/cm<sup>3</sup>)の場合は、軽量であり且つ要求される音響特性の性能バランスに優れる。

【0010】上記音響板用複合材等において、繊維方向のヤング率 $E_L$ を9~15、(好ましくは10~15)とすることができる。この $E_L$ は周波数特性に影響を与えるものである。また、上記音響板用複合材等において、剪断変形の大きさを示す指標である、ヤング率 $E_L$ と剪断弾性率 $G_{LR}$ との比( $E_L/G_{LR}$ )を、5.0~

7.0(好ましくは5.5~7、より好ましくは6~7)とすることができる。この範囲の値においては弾性が大きくて剛性が低いことを十分に確保できる。更に、比ヤング率 $E_L/\rho$ 比は、大音量に耐える音響板を得る点において、大きい程好ましく、18以上、好ましくは20以上、より好ましくは24以上とすることができる。尚、この比の上限は通常30程度である。また、繊維方向の内部摩擦 $Q_L^{-1}$ は、過渡特性に影響するものであり、楽器としたときに1音、1音が鮮明に響く点において、小さい程好ましく、12以下、好ましくは10以下、より好ましくは8以下とすることができる。尚、この値の下限は通常4程度である。異方度の指標を示す、 $E_L$ (繊維方向のヤング率)/ $E_R$ (繊維方向と直行する方向のヤング率)を9~20、好ましくは10~20、より好ましくは11~20とすることができる。以上より、密度( $\rho$ )を0.38~0.52 g/cm<sup>3</sup>、ヤング率 $E_L$ を9~15、 $E_L/G_{LR}$ を5.0~7.0、 $E_L/\rho$ 比を18~30、 $Q_L^{-1}$ を4~10 $\times 10^{-3}$ 、且つ $E_L/E_R$ を9~20とすることができる。また、好ましくは、密度( $\rho$ )を0.38~0.50 g/cm<sup>3</sup>(更に好ましくは0.38~0.47 g/cm<sup>3</sup>)、 $E_L$ を10~15、 $E_L/G_{LR}$ を5.0~7.0、 $E_L/\rho$ 比を20~30(更に好ましくは22~30)、 $Q_L^{-1}$ を4~10 $\times 10^{-3}$ 、且つ $E_L/E_R$ を10~20(更に好ましくは11~20)とすることができる。

【0011】更に、上記音響板用複合材等において、タッピングによる1/3オクターブバンドの周波数応答特性図において、少なくとも200~500ヘルツ、1000~2000ヘルツ及び5000~7000ヘルツに各ピーク(即ち、少なくとも3つのピーク)を備えるものとすることができる。例えば、300~500ヘルツ、1500~1700ヘルツ及び5000~7000ヘルツに各ピーク(即ち、少なくとも3つのピーク)を備えるものとすることができる。更に、250~500ヘルツに1つのピーク、1000~3000ヘルツに2つのピーク、及び5000~7000ヘルツに1つのピーク(即ち、少なくとも4つのピーク)を備えるものとすることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明について、試験例1~6を挙げて具体的に説明する。

(1) 試験例1~5に係わる試験用音響板用板の作製  
①まず、以下に示す繊維及び以下に示す硬質ウレタンフォーム用ウレタン原料を、表1に示すように、(a)使用する繊維の種類、(b)マトリックス中の繊維の体積分率(VF)、(c)使用する硬質ウレタンフォーム用ウレタン原料の発泡倍率(即ち密度: $\rho$ )を変えることにより、表1に示すように、密度及び音響特性の異なる試験用音響板No. 1~5(試験例1~5)を製作した。

【0013】②基本的な製造工程は以下の通りである。まず、束ねられた長尺状炭素繊維束（サイジング炭素繊維、表1では「CF」と略する。）をほぐす。この炭素繊維はものモノフィラメントを示している。そして、30cm角平板金型（キャビティ深さ：3mm）を準備する。この金型の上下型に炭素繊維を略一方向に配列するように一面に貼りつける。この配合する炭素繊維量は、表1に示す容積率になるような量とする。尚、試験例5はガラス繊維束をほぐして同様に用いた。この下型の中央部に、均一に、以下に示す所定の硬質ウレタンフォーム用ウレタン原料を流し込む。その後、すみやかに上型を載置する。この上型及び下型のいずれの四隅にもガス抜きができるように、隙間が設けられている。40℃、60分間放置することにより、発泡硬化させて、繊維入り硬質発泡ポリウレタンを形成する。型から取り出して、試験用音響板（105×105×3mm、No. 1～5）を得た。

【0014】③各試験例に使用した原料（表1参照）

(a) 「CF-1」（試験例1～3にて使用、見掛け密度；1.81g/cm<sup>3</sup>）；長尺状炭素繊維（サイジング炭素繊維、三菱レーヨン社製、商品名：「TR50S12L」）

(b) 「CF-2」；（試験例4にて使用、見掛け密度；1.95g/cm<sup>3</sup>）；長尺状炭素繊維（サイジング炭素繊維、三菱レーヨン社製）

(c) 「GF」；（試験例5にて使用、見掛け密度；2.38g/cm<sup>3</sup>）；長尺状ガラス繊維（Eガラス）、旭ガラス（株）製

(d) 「FP-1～5」；以下に示すA液及びB液を使用する。各々異なる発泡倍率は、以下に示す方法により調製した。

(i) [A液]；ポリオール：100重量部（以下、単に「部」という。）、整泡剤：2部、触媒：1.5部、発泡剤（水）：1～2部、[B液]；クルードMDI、index；115）、[A液/B液]＝100/135（尚、この混合液は、この放置すれば流れる粘度である。作業性確保のための低活性で反応が遅い。）

尚、上記ポリオールとして、シュークロースとトリエタノールアミンにプロピレンオキシドを反応させた水酸基価300のポリエーテルポリオール、上記整泡剤として、シリコーン整泡剤（東レシリコーン社製、商品名

「SH-193」、触媒としてN、N-ジメチルシクロヘキシルアミンを用いた。

【0015】(ii) 発泡倍率の調整

以下の各試験例における発泡倍率、即ち密度の調整は以下のようにして行った。試験例1では、20.9重量部の炭素繊維を型内に載置し、A、B液全量で59.5重量部を注入後、すみやかに型締めした。試験例2では、試験例1の注入量A、B液全量55.1重量部として増量した。試験例3では、上記試験例2の条件で炭素繊維を21.6重量部に増量した。試験例4では、試験例2に対して、更にA、B液の総注入量を81.8重量部に増量した。試験例5では、20.8重量部のガラス繊維を型内に載置し、A、B液全量で32.3重量部を注入後、すみやかに型締めした。

【0016】表1及び表2に示す試験例6（No. 6）は、比較用に響板用シトカスプルス（Sp）を用いたものであり（図2、4～6参照）、同形状に作成して試験サンプルとした。このシトカスプルス（Sp）はヴァイオリンやピアノなどの響板に、通常、使用されるものを用いた。尚、図2には、参考のためにカエデ材（Map）の結果も示す。尚、表1において、「VF」は体積分率、添え字の「L」は繊維方向、「R」は繊維と直交方向、「t」は複合則による計算値をそれぞれ示す。また硬質ウレタンフォーム（FP）等の各物性値は図1（試験例1～2、5）及び図3（試験例3～4）の関係から求めた。また、表1の「Note」欄に示すEf、Emは測定値を得るための理想配向の場合の値で、計算により求めたものである。

【0017】(2) 試験例1～6の性能評価

上記製作された試験用音響板を、①繊維の物性（密度及びヤング率）については、繊維束をそのままの状態で使用し、②マトリックス材の物性（密度及びヤング率）については、3（厚さ）×20（幅）×150（長さ）mmの矩形棒を使用し、③複合材の周波数特性と物性（ヤング率、剪断弾性率、撓み内部摩擦（ $Q_L^{-1}$ ）、剪断内部摩擦（ $Q_t^{-1}$ ）については、3（厚さ）×150（幅）×150（長さ）mmの正方形に切り出して、以下の試験により性能評価を行った。これらの結果を表1～2及び図1～6）に示す。

【0018】

【表1】

表1

No.	Sample	Fiber	$\rho$	E	VF	$\rho_t$	$\rho$	$E_L$	$E_L$	$E_{LR}$	$E_R$	$\Delta E_L/E_{LT}$	$\Delta E_R/E_{RT}$	$E_L/E_R$	$E_L/\rho$	Note
		Matrix	g/cm <sup>3</sup>	GPa	%	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	GPa	GPa	GPa	GPa	%	%			
1	CF-1/FP-1	CF	1.81	250	6.5	0.384	0.391	16.5	7.74	0.299	0.528	-53.1	44.9	14.7	18.8	$E_t = 112$
		FP	0.264	0.2/7	93.5											$E_m = 0.492$
2	CF-1/FP-2	CF	1.81	250	6.7	0.425	0.434	17.1	11.5	0.397	0.519	-32.7	35.9	18.6	26.5	$E_t = 164$
		FP	0.326	0.3/4	93.3											$E_m = 0.578$
3	CF-1/FP-3	CF	1.81	250	7.68	0.440	0.440	19.6	6.28	0.405	0.533	-67.9	56.3	9.9	14.3	
		FP	0.326	0.3/4	92.9											
4	CF-2/FP-4	CF	1.95	227.7	6.27	0.499	0.499	14.7	11.1	0.527	0.561	-24.6	25.4	16.9	22.3	
		FP	0.402	0.494	93.7											
5	GF/FP-5	GF	2.38	70	7.3	0.442	0.415	5.41	3.25	0.345	0.290	-39.9	-89.3	11.2	7.83	$E_t = 41.1$
		FP	0.289	0.32	92.7											$E_m = 0.269$
6	Sp						0.447		11.6		1.08			10.8	26.1	

【0019】

【表2】

表2

No.	Sample	$f_L$	$Q_L^{-1}$	$f_R$	$Q_R^{-1}$	$E_L/\rho$	$G_{LR}$	$E_L/G_{LR}$
		Hz	$\times 10^{-3}$	Hz	$\times 10^{-3}$		GPa	
3	CF-1/FP-3	1277.8	5.01	402.4	14.4	14.3	0.943	6.66
4	CF-2/FP-4	1386.6	6.49	344.0	17.2	22.3	2.68	4.16
6	Sp	1481.4	9.99	451.8	18.1	26.1	1.76	6.61

【0020】性能評価項目は、表1及び表2に示すものである。即ち、(1) 繊維の密度( $\rho$ )及びヤング率(E)、(2) 発泡率を変えた種々のマトリックス材の密度( $\rho$ )及びヤング率(E)、(3) 複合材の周波数特性、ヤング率(E)、剪断弾性率(G)、撓み内部摩擦( $Q_L^{-1}$ )、剪断内部摩擦( $Q_R^{-1}$ )である。尚、添え字の「L」は繊維方向、「R」は繊維と直交方向、「t」は複合則による計算値をそれぞれ示す。繊維の「 $\rho$ 」はアルキメデス法を、「E」はレオバイブロン(オリエンテック社製)を用いて測定した。「周波数特性」は、試料板周辺が自由となるように四隅をナイロン糸の上に水平に設置し、中央下面に貼付した小鉄片を電磁換振器により0.1~10kHzの周波数の正弦波で強制駆動し、各周波数での応答振動の振幅を、中央上方2mmに設置したマイクロフォンで検出することによって測定した。試料板の「動的ヤング率E」、「剪断弾性率G」は、両端自由のたわみ及び戻り強制振動法によって得られた共振曲線から共振周波数 $f_0$ (Hz)を求め、次式から求めた。

【0021】

【数1】

$$E = \frac{48\pi^2 \rho l^4 f_0^2}{m^4 l^2}$$

$$G_{LR} = \frac{\rho(1+u^2)l^2 f_0^2}{g(u)}$$

$$u = \frac{w}{t} \cdot \left( \frac{G_{LR}}{G_{TR}} \right)^{1/2}, g(u) \approx 1 - \frac{192}{\pi^5} \cdot \frac{1}{u} \cdot \tanh \frac{\pi}{2} u$$

【0022】ここで、「 $\rho$ 」は密度、「 $l$ 」は試料板L方向長さ、「 $w$ 」は試料板R方向長さ、「 $t$ 」は試料板厚さ、「 $m$ 」は振動モードに依存する定数で両端自由基本振動では4.730である。内部摩擦 $Q^{-1}$ は、共振曲線から半価幅 $\Delta f$ を求めた次式から計算した。

【0023】

【数2】

$$Q^{-1} = \frac{\Delta f}{f_0}$$

【0024】(3) 実施例の効果

まず、 $\rho$ とE(及びG)の関係を図1及び図3に示す。これらの図に示すように、両者は高い相関で直線関係が得られた。これと繊維物性測定結果を用いて複合材料設計を行った。また、表1の計算値と実測値との差、即ち、 $\Delta E_L/E_{LT}$ 、 $\Delta E_R/E_{RT}$ の比が、試験例1、3及

び5では、約50～90%と大きく、繊維の分散が十分に行われていないと考えられる。一方、試験例2及び4はその比が約25～36%と比較的小さいので、この試験品は、十分ではないものの比較的小さい繊維が分散していると考えられる。更に、測定値を得るための理想配向の場合の $E_f$ 、 $E_g$ 値を試験例1、2及び5の場合に、計算で求め、それを表1のNote欄に示した。これらは繊維の一方配向と均一分散が十分にうまくいっていないことを示している。

【0025】以上のように、繊維の分散程度が各試験例によって異なるが、表1及び2の結果から、以下のことが言える。即ち、試験例5(No. 5とも言う。)はガラス繊維を使用しており、比較品としてのSpと比べて、 $\rho$ は同様に十分に小さく、異方度( $E_L/E_R$ )もSpと同程度であるが、 $E_L$ が3.25と小さく、しかも $E_L/\rho$ も7.83と小さく、十分な音響性能が出ていない。試験例1は、比較品としてのSpと比べて、 $\rho$ 及び異方性は十分に優れ、 $E_L/\rho$ もやや小さいに過ぎないが、 $E_L$ が7.74と小さく、この点において十分な音響性能が出ていない。

【0026】試験例3は、比較品としてのSpと比べて、 $\rho$ 及び異方度は十分に優れているものの、 $E_L$ が6.28と小さく、 $E_L/\rho$ も14.3と小さいので、この点において十分な音響性能が出ていない。しかし、過渡特性に影響する $Q_L^{-1}$ は $5.01 \times 10^{-3}$ とSpの場合( $9.99 \times 10^{-3}$ )よりも小さく、優れた性能を示している。また、 $E_L/G_{LR}$ はSpと同等であるため、周波数特性において高域でのレベルの落ち込みは同程度である。これは $E_L/G_{LR}$ が大きいと高次モードの振動において剪断変形の影響を大きく受け、高域でのレベルの落ち込みが大きくなるためである。また、試験例3及びSpについて、タッピングによる1/3オクターブハンドの周波数応答特性結果を図4、6に示す。このMapはバイオリンの裏板に用いられ、表板と逆の特性が求められる。この図6におけるSpの周波数特性は、R方向とL方向のそれぞれの基本モードでの共振周波数を示す1番目と2番目のピークの幅が広く、1kHz付近からの広域でのパワーレベルの落ち込みの大きいことが特徴としてあげられる。試験例3の複合材では、Spより両ピークが低く、全体に大きく低域にシフトしているが、そのピークの幅は同程度である。また高域でのレベルの減少はSpよりやや小さくなっている。そして、試験例3の複合材は、300～400ヘルツ及び6000ヘルツにおいてSpよりやや低めにシフトし、1000～2000ヘルツにおいて2個のピークがあるもののSpとほぼ同様なピークを示し、全体として類似したピークスペクトルを示し、響板用木材の代替材として高い可能性を示している。

【0027】試験例4は、比較品としてのSpと比べて、 $\rho$ が0.499(Sp: 0.447)と大きめであ

るが、他の性能、即ち、 $E_L$ はほとんど同等であり、異方度(16.9、Sp=10.8)はより優れており、 $E_L/\rho$ も22.3とほぼ同等である(Sp: 26.1)。更に、 $Q_L^{-1}$ は $6.49 \times 10^{-3}$ とSpの場合( $9.99 \times 10^{-3}$ )よりも小さな値を示し、優れた性能を示している。また、 $E_L/G_{LR}$ はSpより小さく、高域でのレベルの落ち込みは小さくなっている。また、試験例4及びSpについて、タッピングによる1/3オクターブハンドの周波数応答特性結果を図5、6に示す。この結果によれば、試験例4の複合材は、300～400ヘルツ及び6000ヘルツにおいてSpよりやや低めにシフトし、1000～2000ヘルツにおいて2個のピークがあるもののSpとほぼ同様なピークを示し、全体として類似したピークスペクトルを示し、響板用木材の代替材として高い可能性を示した。以上より、本試験例品は、優れた性能を示すSp材とほとんど遜色ない性能を示しており、むしろより優れる性能もあり、全体としてSp材の代替材として十分に使用しうるものである。

【0028】試験例2は、比較品としてのSpと比べて、 $\rho$ が0.434(Sp: 0.447)、 $E_L$ が11.5(Sp: 11.6)、異方性が18.6(Sp=10.8)、 $E_L/\rho$ が26.5(Sp: 26.1)であり、ほとんど同じであり、むしろより好ましい性能を示している。また、試験例2、Sp及びMapについて、タッピングによる1/3オクターブハンドの周波数応答特性結果を図2に示す。この結果によれば、試験例2の複合材は、Spをほぼ同レベルで高域にシフトした特性を示し、響板用木材の代替材として高い可能性を示している。更に、上記試験例1、3、及び4においても、繊維の分散をより均一にすれば、試験例2、即ちSpと同程度又はそれ以上の性能が出る可能性も十分にあるものと考えられる。

【0029】以上より、上記複合材によれば、 $\rho$ が0.385-0.469g/cm<sup>3</sup>、 $E_L$ が10.1～14.9Mpa、 $Q_L^{-1}$ が5.4～7.2 $\times 10^{-3}$ という要求される優れた性能を確実に備えるものとすることができる。また、楽器の響板として大変優れる木製のSp材に代わる樹脂製のため、湿気に影響を受けることがなく、また、安定した品質のものを容易に且つ確実に製造できる。更に、より一層の繊維の均一分散を謀ることにより、更に一層優れた音響効果を備える複合材を得ることも十分に考えられる。

#### 【0030】

【発明の効果】本発明の音響板用複合材及び音響板は、楽器響板材等の音響板に必要な高い比ヤング率、低い減衰率、及び強い異方性を備え且つ湿度の影響を受けることがなく、常に安定した楽器の音色が得られ、木材代替材として極めて優れたものである。また、本発明の複合材を弦楽器の表板やピアノの響板等に使用すれば、材料

管理、製造工程の大幅な簡素化と材料品質の高精度化が可能である。本発明は、バイオリン属楽器の表板、ギターの表板及びピアノの響板等に広く利用される。

【図面の簡単な説明】

【図1】試験例1及び2に係わる複合材の密度( $\rho$ )とヤング率( $E$ )との関係を示すグラフである。

【図2】試験例2、Map及びSpにおけるタッピングによる1/3オクターブバンドの周波数応答特性結果を示すスペクトルである。

【図3】試験例3及び4に係わる複合材の密度( $\rho$ )

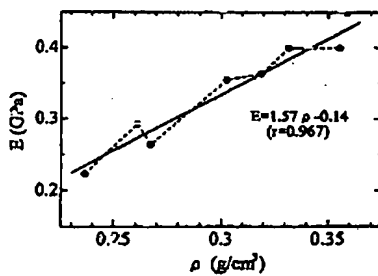
と、剪断弾性率( $G$ )又はヤング率( $E$ )との関係を示すグラフである。

【図4】試験例3及びSpにおける周波数応答特性結果を示すスペクトルである。

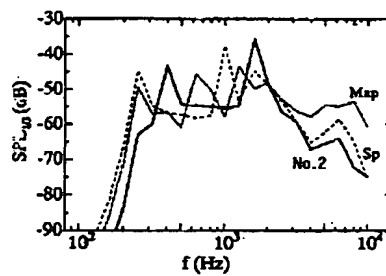
【図5】試験例4及びSpにおける周波数応答特性結果を示すスペクトルである。

【図6】試験例3、4及びSpにおけるタッピングによる1/3オクターブバンドの周波数応答特性結果を示すスペクトルである。

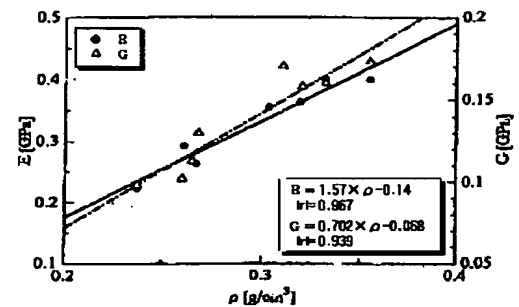
【図1】



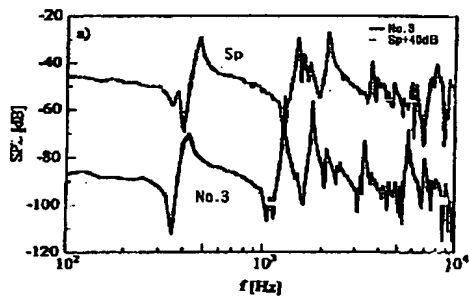
【図2】



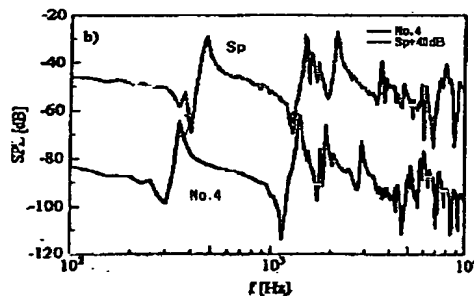
【図3】



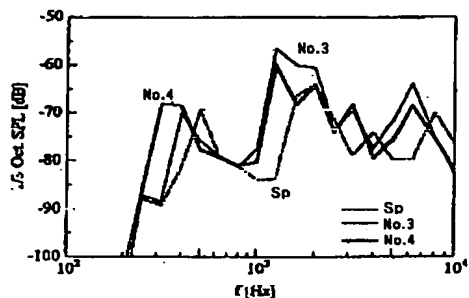
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	(参考)
C 0 8 L 101/00		G 1 0 D 3/02	
G 1 0 D 3/02		B 2 9 C 67/14	P
			W

(72) 発明者 小野 晃明	F ターム(参考)
岐阜県各務原市那加琴が丘町 1-143	4F072 AA04 AA07 AA08 AB10 AB18
	AB22 AD04 AD09 AD13 AD43
	AD44 AD56 AK05 AK20 AL01
	4F205 AA42 AD02 AD16 AG20 AH81
	HA10 HA22 HA33 HA37 HB01
	HC02 HC17
	4J002 AA001 BB031 BB121 BG001
	CC031 CK021 CL001 DA016
	FA046 FA091 FD016 GC00
	5D002 CC02 DD08 DD09